2011 年度ものつくりセンター機械設計工作部門業務報告・押し出し加工用マンドレルの依頼製作

荒川　欣吾[†a)]（技術専門職員）

Kingo ARAKAWA[†a)]

† ものつくりセンター　機械設計工作部門
Manufacturing Design Center for Education and Research, Machine Design Division.

a) E-mail: arakawa@mce.uec.ac.jp　東 4 号館 219 室，内線 5441

あらまし　ものつくりセンター機械設計工作部門では旋盤・フライス盤などの工作機械を用いた切削加工を中心とした機械加工を行っており，全学からの依頼で研究用の装置・設備などの製作を行っている．本年度製作した依頼製作品の中から「押し出し加工用マンドレル」の加工について報告する．

キーワード　ものつくり，ボールエンドミル，フライス盤，NC 旋盤，切削加工

1. まえがき

「押し出し加工用マンドレル」とは押出加工でパイプを製作する時に用いる芯金型の事であり，このマンドレルがパイプの内径を成型する．加工依頼のマンドレルは押し出し成型されたパイプの内径に螺旋の突起を成型させるため，円柱側面に螺旋の溝(図 1 参照)を有する形状である．この螺旋の溝の切削加工について報告する．

図 1. 製作したマンドレルの螺旋の溝.

2. 螺旋の溝の切削方法について

円柱の側面に螺旋の溝を切削する方法として万能フライス盤に割出し台をセットし，送り軸から替え歯車を介して割出し台を回転させ切削する方法が有る．40 年位前までは本センター所有のフライス盤でも加工を行っていたようで，依頼者からもこの方法で加工が出来ないかと相談を受けた．しかし私が本学に採用されてからこのような加工の依頼は初めてで，NC 工作機械が発達した現代ではほとんど用いられなくなった加工方法である．

そこで C 軸制御と回転工具ホルダを装備している本センター所有の NC 旋盤「ヤマザキマザック製スラントターン 28N ATC ミルセンタ」を使用し，Z-C 軸同時制御加工(図 2 参照)を行った．
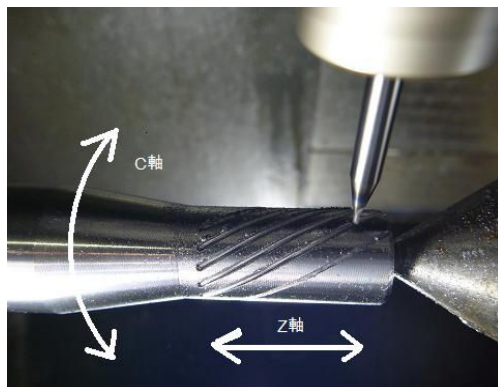
図 2. 加工中の工作物とエンドミル.

(1) C 軸制御：旋盤の主軸を回転角で制御.
(2) 回転工具ホルダ：ドリルやエンドミルなど回転工具用チャックで，それ自体に回転装置が装備されている.

本加工では溝の幅と同じ径の超硬ボールエンドミルを使用．1 回の切り込み量は工具径の 1/10～1/20．Z 軸を送りながら C 軸を回転させ切削していき，所定の深さまで繰り返し 1 本の溝が出来る．これを溝の数だけ繰り返しマンドレルが完成する．

マンドレルは SK4 ロッド材から製作した．

2.1. パラメータ

加工したマンドレルは研究用であり，パラメータを変えた実験を行うため下記のような組み合わせのものを製作した．

(1) 外径 14mm，溝の幅・深さ 1.5mm，溝のねじれ角 30°，溝の数 2，4，8，10，12，16，20，24 の 8 種類.
(2) 外径 14mm，溝の幅・深さ 1.5mm，溝の数 20，溝のねじれ角 0°，5°，10°，15°，20°，25°，30°，35°，40°，45°，50° の 11 種類.
(3) 外径 14mm，溝のねじれ角 30°，溝の数 16，溝幅・深さ 0.3mm，0.5mm，0.8mm、1.0mm，1.5mm の 5 種類.
(4) 外径 14mm，溝のねじれ角 30°，溝の数 16，溝の深さ 0.3mm，溝の幅 0.5mm，0.8mm，1.0mm，

1.5mm の 4 種類.

(5) 外径 8.9mm，溝の幅 0.2mm，溝の数 60，溝のねじれ角 15°，溝の深さ 0.1mm，0.2mm の 2 種類.

2.2. 切削条件

工具メーカーの切削条件基準表から本加工で使用したボールエンドミルで SK4 を加工する場合の標準切削条件を見てみると表 1 の通りであった.

表１. 標準切削条件.

工具(mm)	回転数(min^{-1})	送り速度(mm/min)
0.2	32,000	400
0.4	32,000	330
1.0	25,000	200

使用した機械の回転工具ホルダの最高回転数は 2,000min^{-1} であり、切削速度 V を回転数 N, 工具径 D から

$$V = \frac{\pi DN}{1{,}000} \tag{1}$$

で求めてみると工具径 0.2mm で 1.26m/min，工具径 1.0mm で 6.28m/min である．標準切削条件の 20.1m/min，78.5m/min よりも明らかに切削速度が遅いことが分かる.

送り速度は回転工具ホルダの最高回転数 2,000min^{-1} と標準切削条件の回転数の割合と同じ割合で下げた.

以上の条件で加工を行った結果，溝幅 0.4mm～1.5mm のマンドレルは製作することが出来た.

溝幅 0.2mm についてはこの条件ではエンドミルが折れてしまい加工出来なかった．そこで送り速度と切り込み量を色々変えてみたけれども途中で折れてしまった.

2.3. 溝幅 0.2mm の加工

エンドミルが途中で折れるのは，回転数不足から切削速度が遅いためである.

フライス盤には小径工具用に増速機が有るが本加工で使用の NC 旋盤では使用出来ない．そこで増速機に代わるもので使用している NC 旋盤に 取り付けられるものを探した．その結果「大昭和精機製ジグマチック」という最高回転数 80,000min^{-1} のエアモータが使用出来そうなので依頼者に相談し購入していただいた.このジグマチックはフライス盤などに取り付けて簡易的に研削加工を行うためのものである．これを NC 旋盤に直接取り付けることが出来ないのでバイトホルダに取り付けるための治具を作製し取り付け加工を行った．(図 3 参照)
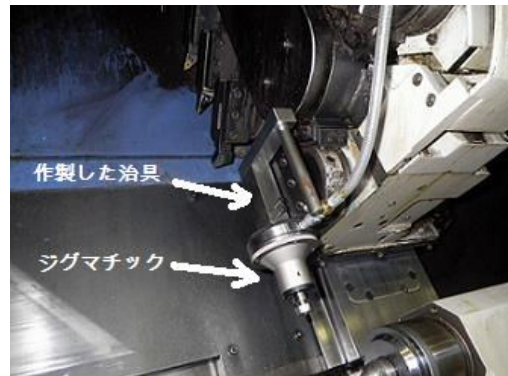
図 3. ジグマチックを取り付けた様子.

これで切削速度の問題は解決したが新たに切削油の問題が発生した.

切削油は潤滑・冷却と切り屑除去の役割をしている.しかし自作の治具で取り付けているため，切削油がうまく刃先に当たらなくなり切り屑が流れず切削した溝の中で切削熱の影響により固まってしまった.

そこで最新の機械では環境面などから切削油を大量に流しながら切削するのではなく，高圧エアに少量の切削油を混ぜミスト状にしている事を参考に，エアガンで切り屑を飛ばし切削油スプレーを使用する事を考えた．この方法で加工を行うにはドアが開いていなければならないが，NC 旋盤は安全対策のためドアが閉じた状態でしか運転出来ない仕様になっている．ドアの開閉の検知はドアの上部に有る 2 個のマイクロスイッチで行われている．本来は行ってはいけない事だが安全には十分注意し，このスイッチをドアの閉じた状態に固定し，ドアが開いている状態でも運転できるようにして加工を行い溝幅 0.2㎜ のマンドレルも製作することが出来た.

3. むすび

以上で報告した加工で得た技術やノウハウをこれからの加工に生かしていきたい．末筆ながら，試行錯誤しながらも加工する事が出来たのは，依頼者の村田眞教授に多量の工具などを負担していただいた事が大きく，感謝申し上げます.

文　献

[1] FANUC Series 15 取扱説明書，B-61214/05，プログラム編 pp.32-34，May. 1993.

[2] OSG MILLING TOOLS 2009-2010，GC-2 809.DA.GA.(NT)，pp.395-400，Nov. 2008